

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 16 922 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:
B 65 G 54/02
B 06 B 1/00
B 65 G 49/07

②1 Aktenzeichen: 199 16 922.5
②2 Anmeldetag: 14. 4. 1999
④3 Offenlegungstag: 26. 10. 2000

DE 199 16 922 A 1

⑦1 Anmelder:
Technische Universität München, 80333 München,
DE

⑦4 Vertreter:
Schweizer, J., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 80993 München

⑦2 Erfinder:
Höppner, Jürgen, 85777 Fahrenzhausen, DE;
Zimmermann, Josef, 93047 Regensburg, DE

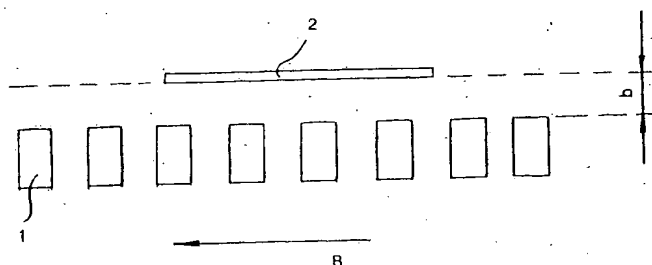
⑤6 Entgegenhaltungen:
US 58 90 580

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung zum berührungslosen Transportieren von Bauteilen und System zum Handhaben und Lagern derselben

⑤7 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum berührungslosen Transportieren von berührungsempfindlichen Bauteilen entlang einer Transportbahn, wobei die Vorrichtung folgende Merkmale aufweist: Stationär-Schallerzeugungsmittel 1 zum Erzeugen von stationären Schalldruckwellen, die geeignet sind, die Bauteile 2 im Bereich der Schallabstrahlfläche der Stationär-Schallerzeugungsmittel 1 in der Schwebe zu halten, und Beschleunigungsmittel 3 oder/und Beschleunigungsmaßnahmen, die auf das Bauteil 2 eine Kraft aufbringen, welche das Bauteil 2 auf einer Bahn bewegt, die durch die räumlich-konstruktive Anordnung der Schallerzeugungsmittel 1 vorbestimmt ist.



DE 199 16 922 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum berührungslosen Transportieren von berührungsempfindlichen Bauteilen entlang einer Transportbahn.

Weiterhin betrifft die Erfindung ein einheitliches System zum berührungslosen waagerechten und senkrechten Transportieren von Bauteilen in Verbindung mit dem berührungslosen Lagern und Handhaben dieser Bauteile.

Um Teile oder Behälter entlang einer Transportbahn berührungslos schweben zu lassen, sind aus dem Stand der Technik verschiedene Technologien bekannt. Weit verbreitet sind z. B. Transporteinrichtungen, die Luftpolster oder magnetische Abstoßungskräfte nutzen.

Jede dieser Technologien weist spezifische Betriebseigenschaften auf, die je nach vorgegebenen Randbedingungen einen technologischen Prozeß störend beeinflussen können.

So ist beim Transport von Wafern in Reinräumen von Bedeutung, daß die in den Reinräumen technologisch vorgeschriebene Luftströmung (Laminar-flow-Zustand) nicht beeinträchtigt wird. Zum berührungslosen Transport der Wafer werden sogenannte Air-tracking-Systeme eingesetzt, wobei der Wafer auf einem Luftkissen gehalten wird. Die aus den Düsen des Luftkissens ausströmende Luft stört den Laminar flow-Zustand im Reinraum und erhöht somit die Gefahr, daß vagabundierende Partikel die Fertigungsqualität beeinflussen. Ein weiterer Nachteil von Air-tracking-Förderstrecken ist die starke Verwirbelung der aus den Düsen austretenden Luft. So können z. B. Partikel, die an der Unterseite der Wafer anhaften, unkontrolliert vagabundieren und sich auch auf der Waferoberseite absetzen.

Aus dem Patentedokument US 5,810,155 ist eine Transportvorrichtung bekannt, die nach dem Schalldruckprinzip arbeitet. Weitere Hinweise zu den Themen Schalldruck und akustische Levitation sind aus der nachfolgend genannten Literatur entnehmbar:

Lierke, E. G.: Vergleichende Betrachtung zur berührungslosen Positionierung von Einzeltropfen in aerodynamischen, akustischen und elektrischen Kraftfeldern. In: Forschung im Ingenieurwesen, Bd. 61(1995) 7/8, S. 201-216.

Lierke E. G.: Akustische Positionierung – Ein umfassender Überblick über Grundlagen und Anwendungen. In: Acustica 82 (1996), S. 220-237.

Die Vorrichtung nach US 5,810,155 weist eine Förderschienen auf, an deren Anfangsabschnitt ein Schwingungserzeuger (Quelle) angekoppelt ist, der den Anfangsabschnitt der Förderschienen so anregt, daß eine Wanderwelle entsteht. Die so initiierte Wanderwelle breitet sich in Förderrichtung entlang der Förderschienen aus. Am Endabschnitt der Förderschienen ist eine Vorrichtung (Senke) zur Umwandlung der mechanischen Energie der Wanderwelle in elektrische Energie vorgesehen. Diese Vorrichtung verhindert somit eine Reflexion und damit ein Zurücklaufen der Wanderwelle.

Wenn auf der Förderschienen Gegenstände liegen, werden diese durch das von der Wanderwelle erzeugte wandernde Luftpolster zwischen der Förderschienen und der Grundfläche des zu befördernden Gegenstandes entlang der Förderschienen in Richtung der Senke bewegt. Versuche haben ergeben, daß es prinzipiell möglich ist, mit dieser Vorrichtung Gegenstände zu transportieren. Von Nachteil ist jedoch, daß die an dem Anfangsabschnitt eingetragene Energie zur Erzeugung der Wanderwelle der Förderschienen am Endabschnitt wieder entzogen, d. h. vernichtet, werden muß.

Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß die Amplitude der Wanderwelle am Endabschnitt geringer ist als am Anfangsabschnitt der Förderschienen, d. h., es muß durch konstruktive Maßnahmen bei der Auslegung der Förderschienen

sichergestellt werden, daß die Amplitude der Wanderwelle über ihre Länge konstant bleibt. Dieser Nachteil ist gravierend, wenn eine Transportbahn benötigt wird, die Kurven aufweist und/oder sich dreidimensional im Raum erstreckt, wie z. B. eine Achterbahn. In diesem Fall ist der Aufbau einer Förderschienen nach US 5,810,155 wirtschaftlich nicht mehr vertretbar und im Einzelfall auch technisch nicht mehr lösbar.

Ein weiteres Problem wird nachfolgend erläutert: Bauteile oder Stoffe, die einen Prozeß weitgehend berührungslos durchlaufen sollen, müssen an bestimmten Stellen z. B. senkrecht nach oben oder nach unten transportiert und/oder mittels eines Greifers in eine bestimmte Position gebracht werden. Weiterhin kann es erforderlich sein, die Bauteile oder Stoffe in einem Lager zwischenzulagern.

Nach dem derzeitigen Stand der Technik ist kein System bekannt, das eine durchgängig berührungslose Technologie ermöglicht, in deren Rahmen die Teile oder Stoffe waagrecht und/oder senkrecht transportiert werden können und/oder auch positioniert und gelagert werden können.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, eine Technologie bereitzustellen, die die Nachteile der vorstehend aufgeführten Technologien vermeidet.

Die Aufgabe wird mit Vorrichtungen nach den Ansprüchen 1 und 2 und einem System nach Anspruch 11 gelöst.

Nach Anspruch 1 werden entlang einer Transportbahn Schallerzeugungsmittel angeordnet, die Schalldruckwellen abstrahlen, wobei die Schalldruckwellen senkrecht auf die Oberfläche des zu befördernden Bauteils auftreffen und das Bauteil schweben lassen. Die Schalldruckwellen sind im Gegensatz zu der Vorrichtung aus der US 5,810,155 stationär, d. h., sie laufen nicht in der Förderrichtung des Bauteils, was dazu führt, daß das Bauteil bei der vorliegenden Erfindung auf der Stelle schwebt.

Damit die Bewegung des Bauteils in die gewünschte Förder- bzw. Transportrichtung erfolgt, wird auf das Bauteil eine Kraft aufgebracht, die ebenfalls berührungslos angreift. Diese Kraft kann durch unterschiedliche berührungslos wirkende Prinzipien erzeugt werden.

Nach Anspruch 2 wird die gleiche Konstruktion wie nach Anspruch 1 eingesetzt. Der einzige Unterschied besteht darin, daß die Bauteile in einem Schwingungsknoten der Schallwelle, d. h. in einem größeren Abstand von der Schallaustrittsfläche, schweben, während die Bauteile bei der Erfindung nach Anspruch 1 durch den sogenannten Nahfeld-Schalldruck gehalten werden.

Der Nahfeld-Schalldruck ermöglicht es, bei gleichem Energieeinsatz größere Massen zu transportieren.

Es ist für den Fachmann klar, daß die geometrische Form und das Material der zu transportierenden Bauteile bei der konstruktiven Auslegung der Schallerzeugungsmittel zu berücksichtigen sind.

Der besondere Vorteil der erfindungsgemäßen Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2 besteht darin, daß die Vorrichtung zur Erzeugung des Schwebezustandes von den Mitteln zur Erzeugung des Vorschubs der zu transportierenden Bauteile vollständig entkoppelt ist. Dadurch können die Transportbahnen beliebige Formen aufweisen, d. h., es können nahezu beliebige dreidimensionale und mehrfach gekrümmte Raumkurven erzeugt werden, wie sie z. B. von einer "Achterbahn" (roller-coaster) bekannt sind.

Diese Möglichkeit ist vollständig ausgeschlossen, wenn eine Transportbahn nach dem herkömmlichen Wanderwellenprinzip gemäß US 5,810,155 eingesetzt werden sollte, da die Transportbahn eine vorbestimmte Eigenfrequenz aufweisen muß, durch die eine vorbestimmte konstruktive Ausgestaltung festgelegt ist.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die zu transportie-

renden Bauteile und Stoffe mit einstellbarer Geschwindigkeit bewegt werden können. Im Gegensatz zum Wanderwellenprinzip nach US 5,810,155 können die Bauteile auf der erfindungsgemäßen Vorrichtung auch angehalten oder rückwärts transportiert werden, was sowohl für alle auf der Transportschiene schwebenden Bauteile, als auch für ein einzelnes ausgewähltes Bauteil möglich ist.

Nach Anspruch 3 werden als Beschleunigungsmittel Schalldruckerzeugungsanordnungen eingesetzt. Diese Beschleunigungsmittel sind nahezu verzögerungsfrei ansteuerbar, so daß eine sehr genaue Regelung der Transportgeschwindigkeit der Bauteile möglich wird.

Nach Anspruch 4 werden als Beschleunigungsmittel Luftblasdüsen oder Gasdüsen eingesetzt. Diese Beschleunigungsmittel sind sehr preisgünstig und können dort eingesetzt werden, wo austretende Luft oder Gas keine unerwünschten Nebeneffekte erzeugen.

Es ist für den Fachmann klar, daß auch Saugdüsen als Beschleunigungsmittel eingesetzt werden können. Diese haben den Vorteil, daß die umgebende Luft nicht so stark aufgewirbelt wird, wie es bei Blasdüsen der Fall ist.

Nach Anspruch 5 werden Beschleunigungsmittel eingesetzt, die nach dem Prinzip der elektrostatischen Anziehung oder Abstoßung wirken. Diese Beschleunigungsmittel sind gut regelbar und ebenfalls preisgünstig.

Nach Anspruch 6 werden Beschleunigungsmittel eingesetzt, die nach dem Prinzip der elektromagnetischen Anziehung oder Abstoßung wirken. Diese Beschleunigungsmittel sind ebenfalls gut regelbar und preisgünstig. Sie können jedoch nur bei Teilen oder Stoffen eingesetzt werden, die durch Magnetkräfte beeinflussbar sind.

Nach Anspruch 7 werden Beschleunigungsmittel eingesetzt, die nach dem Prinzip des "Wirbelstrom-Linear motors" wirken. Diese Beschleunigungsmittel erzeugen in elektrisch leitenden Teilen nach dem Fachmann bekannten Prinzipien einen Wirbelstrom mit einem Magnetfeld. Dieses Magnetfeld wird von äußeren Magnetfeldern beeinflusst, wodurch auf das zu transportierende Bauteil eine Vortriebskraft aufgebracht wird, die einen Vortrieb des Bauteils in die gewünschte Transportrichtung bewirkt.

Nach Anspruch 8 ist die Transportbahn abschüssig, so daß als Beschleunigungsmittel die Gravitationskraft verwendet wird, so daß eine besonders kostengünstige Transportvorrichtung aufgebaut werden kann.

Nach Anspruch 9 sind neben der Transportbahn, d. h. vorzugsweise seitlich, Begrenzungsanordnungen vorgesehen, die ein seitliches Abgleiten der zu transportierenden Teile verhindern. Die Begrenzungsmittel können auf zwei prinzipiell unterschiedliche Arten wirken:

Wenn die Begrenzungsmittel eine Druckkraft erzeugen, werden sie außerhalb der Transportbahn so angeordnet, daß die von ihnen erzeugten Druckkräfte von außen auf die zu transportierenden Teile drücken, um diese nicht von der Transportbahn abgleiten lassen.

Wenn die Beschleunigungsmittel eine Zugkraft erzeugen, werden sie so angeordnet, daß die von ihnen erzeugten Zugkräfte die zu transportierenden Teile auf der Transportbahn halten, d. h. vorzugsweise auf die Bahnmitte zentrieren.

Nach Anspruch 10 können die Begrenzungsanordnungen so angeordnet werden, um gleichzeitig als Beschleunigungsvorrichtungen zu wirken.

Nach Anspruch 11 wird ein System zum berührungslosen waagerechten und senkrechten Transportieren, Lagern und Handhaben von Bauteilen beansprucht, wobei das System nachfolgende Komponenten aufweist:

- a. eine Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 oder 2 und/oder

- b. eine berührungslos wirkende Vorrichtung zum senkrechten Transportieren und/oder
- c. eine berührungslos wirkende Vorrichtung zum Handhaben und/oder
- d. eine berührungslos wirkende Vorrichtung zum Lagern.

Der besondere Vorteil des erfindungsgemäßen Systems besteht darin, daß die Transport-, Handhabe- und Lagervorrichtungen durchgängig berührungslos und nach der gleichen Technologie (Schalldruck) arbeiten.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit beigefügten schematischen Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine Prinzipdarstellung einer ersten Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 2 zeigt eine Prinzipdarstellung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

Fig. 3 zeigt eine Prinzipdarstellung mit einer ersten Seitenführung.

Fig. 4 zeigt eine Prinzipdarstellung mit einer zweiten Seitenführung.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und beigefügten schematischen Zeichnungen näher erläutert.

Die **Fig. 1** zeigt eine Reihe von Schallquellen **1**, die Schallschwingungen gegen ein flaches Bauteil **2** richten, so daß das Bauteil auf Grund des erzeugten Schalldrucks über den Schallquellen **1** im Abstand **a** schwebt. Die Größe des Abstandes **a** ist von der Energie der Schallquellen und dem Gewicht des Bauteils abhängig. Mit den Pfeilen **3** ist die Kraftrichtung einer berührungslos wirkenden Beschleunigungsvorrichtung (nicht gezeigt) angegeben. Diese Beschleunigungsvorrichtung kann vorzugsweise ebenfalls eine Schallquelle sein. Die auf das Bauteil einwirkenden Kräfte bewirken eine Bauteilverschiebung in Richtung **B**.

Die **Fig. 2** zeigt ebenfalls eine Reihe von Schallquellen **1**, die Schallschwingungen gegen ein flaches Bauteil **2** richten, so daß das Bauteil auf Grund von stehenden Levitations-schallwellen über den Schallquellen **1** im Abstand **b** schwebt. Der Abstand **b** ist größer als der Abstand **a** nach **Fig. 1**. Diese Anordnung weist eine geringere Tragkraft auf und ist daher nur für leichtere Objekte geeignet. Die Beschleunigung des Bauteils bzw. der Antrieb erfolgt analog zu **Fig. 1a**.

Die **Fig. 3** zeigt eine Anordnung zur Zentrierung des zu befördernden Bauteils **2** mittels der Schwinger (Schallquellen) **1**. Bei dieser Vorrichtung verläuft die Förderrichtung in die Blattebene hinein, d. h., auf jedem Schienenabschnitt sind vier Schwinger **1** nebeneinander angeordnet. Die schräg angestellten Zusatzschwinger **4** bewirken eine Zentrierung des Bauteils und verhindern somit ein seitliches Abgleiten.

Die **Fig. 4** zeigt die gleiche Anordnung wie **Fig. 3**. Anstelle der schräg angestellten Zusatzschwinger **4** in **Fig. 3** werden die äußeren Schwinger **1a** lediglich schräg gestellt und bewirken somit ebenfalls eine Zentrierung des Bauteils **2**.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum berührungslosen Transportieren von Bauteilen (2) auf einer Bahn, wobei die Vorrichtung die nachfolgenden Merkmale aufweist:
 - Stationär-Schallerzeugungsanordnungen (1) zum Erzeugen von stationären Schalldruckwellen, die geeignet sind, die Bauteile (2) im Bereich der Schallabstrahlfläche der Stationär-Schallerzeugungsanordnungen zu halten.

- gungsmittel (1) in der Schwebe zu halten, und
 – Beschleunigungsmittel (3) oder/und Beschleunigungsmaßnahmen, die auf das Bauteil (2) eine Kraft aufbringen, welche das Bauteil (2) auf einer Bahn bewegt, die durch die räumlich-konstruktive Anordnung der Schallerzeugungsmittel (1) vorbestimmt ist. 5
2. Vorrichtung zum berührungslosen Transportieren von Bauteilen (2) auf einer Bahn, wobei die Vorrichtung die nachfolgenden Merkmale aufweist: 10
- Stationär-Schallerzeugungsmittel (1) zum Erzeugen von stationären Schall-Levitationswellen, die geeignet sind, die Bauteile (2) in einem ausgewählten Knotenpunkt der Schallwellen in der Schwebe zu halten, und 15
- Beschleunigungsmittel (3) oder/und Beschleunigungsmaßnahmen, die auf das Bauteil (2) eine Kraft aufbringen, welche das Bauteil (2) auf einer Bahn bewegt, die durch die räumlich-konstruktive Anordnung der Schallerzeugungsmittel (1) vorbestimmt ist. 20
3. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschleunigungsmittel (3) Schallquellen sind.
4. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschleunigungsmittel (3) Luftdüsen oder Gasdüsen sind. 25
5. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschleunigungsmittel (3) nach dem Prinzip der elektrostatischen Anziehung oder Abstoßung wirken. 30
6. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschleunigungsmittel (3) nach dem Prinzip der elektromagnetischen Anziehung oder Abstoßung wirken. 35
7. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschleunigungsmittel (3) nach dem Wirbelstrom-Prinzip wirken.
8. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Transportbahn abschüssig ist und als Beschleunigungsmittel die Gravitationskraft verwendet wird. 40
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Transportbahn Begrenzungsvorrichtungen (1a, 4) aufweist, die ein seitliches Abgleiten der zu transportierenden Teile (2) verhindern, wobei 45
- die Begrenzungsvorrichtungen (4) nach den Prinzipien der Beschleunigungsvorrichtungen nach den Ansprüchen 3 bis 7 arbeiten, 50
- seitlich neben der Transportbahn angeordnet sind und
- eine in Richtung der Transportbahn wirkende Kraft erzeugen, die groß genug ist, um das seitliche Abgleiten der zu transportierenden Bauteile zu verhindern. 55
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Begrenzungsvorrichtungen (1a) so angeordnet sind, um gleichzeitig als Beschleunigungsvorrichtungen zu wirken. 60
11. System zum berührungslosen waagerechten und senkrechten Transportieren, Lagern und Handhaben von berührungsempfindlichen Teilen und/oder Stoffen, wobei das System nachfolgende Komponenten aufweist: 65
- eine Vorrichtung nach den Ansprüchen 1 oder 2 und/oder
- eine Vorrichtung zum senkrechten Transportie-

ren nach dem Prinzip der Vorrichtungen nach den Ansprüchen 1 und 2 und/oder

– eine Vorrichtung zum berührungslosen Handhaben nach dem Prinzip der Vorrichtungen nach den Ansprüchen 1 und 2 und/oder

– eine Vorrichtung zum berührungslosen Lagern nach dem Prinzip der Vorrichtungen nach den Ansprüchen 1 und 2.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

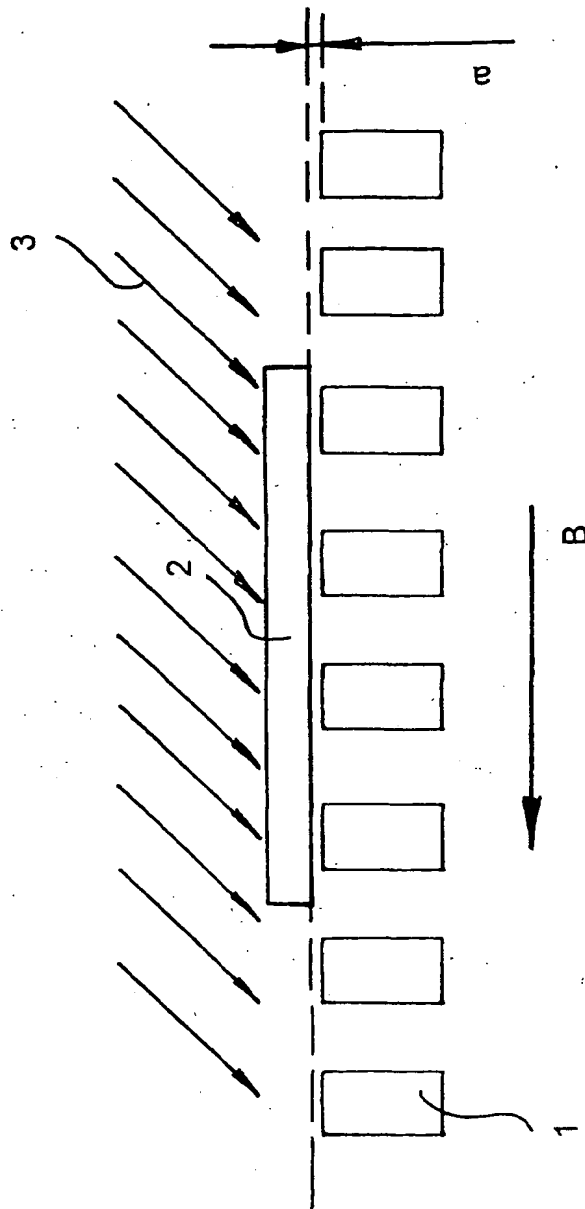


Fig. 1

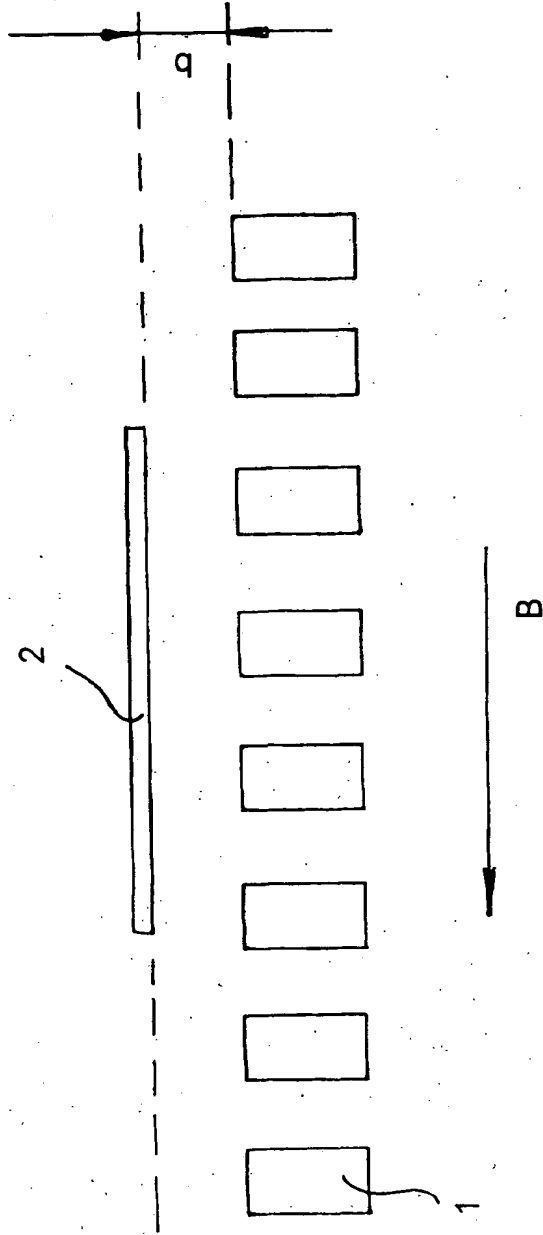


Fig. 2

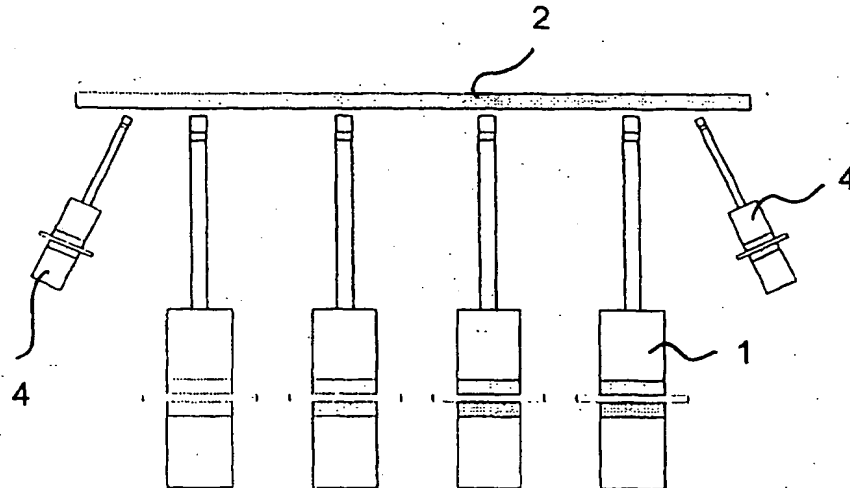


Fig. 3

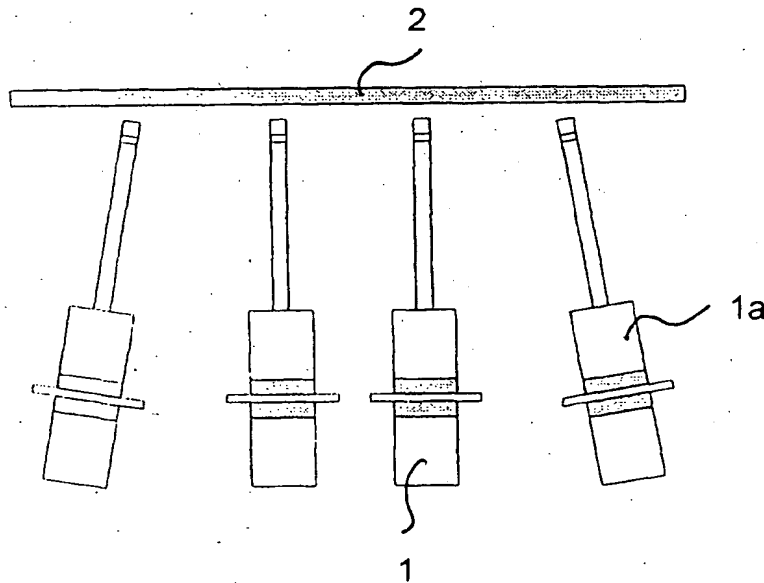


Fig. 4